Aus der Inneren Abteilung des Diakonissen-Krankenhauses
Bethanien, Berlin
Direktor: Prof. Dr. Kauffmann

Das Elektrokardiogramm bei verschiedenen Schulterstellungen

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des medizinischen Doktorgrades
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von
WERNER BÖHMERT
aus Altona

Tag der Promotion: 31. Juli 1940

Buchdruckerei Franz Linke, Berlin NW 7, Marienstr. 13

I 160

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz

Referent: Prof. Dr. von Bergmann

Meinen Eltern

Der Verlauf der S-T=Strecke im Elektrokardiogramm (Ekg) ist für die Beurteilung der Funktionstüchtigkeit des Herzmuskels sehr wichtig. Zunehmende Erfahrung lehrt aber, daß in nicht wenigen Fällen eine Bewertung der S-T=Strecke und auch der T-Zacke nur im Zusammenhang mit dem gesamten klinischen Bilde erfolgen darf. Es ist z. B. bekannt, daß unter dem Einfluß von Digitalis das S-T=Stück absinken und die T-Zacke negativ werden kann. Im Folgenden beschäftige ich mich mit Veränderungen der Schwankungen im Ekg, die unter bestimmten Bedingungen auftreten können und die man ebenfalls kennen muß, will man zu einer richtigen Deutung des Ekgs kommen. Es handelt sich um den Einfluß der Stellung der linken Schulter auf die Form des Ekgs. In den Arbeiten von Trendelenburg und seines Mitarbeiters Remé wurden bereits die verschiedenartigen Ekge bei veränderter Stellung der linken Schulter an jüngeren Kindern untersucht. Und zwar war das Hauptmerk auf die Nachschwankung (T) in der III. Ableitung gerichtet. In dieser Versuchsreihe sollen durch weitere Beobachtungen an herzgesunden Personen in steigendem Alter von 5 bis 33 Jahren die Veränderungen im Ekg bei zwei verschiedenen Schulterstellungen untersucht werden und zwar einmal bei extrem tiefer Stellung der linken Schulter und dann bei extrem hoher Lagerung. Zur Beobachtung kommen die I. und die III. Extremitätenableitung nach Einthoven. Dabei werden alle hauptsächlichen Ausschläge im Ekg berücksichtigt: die Vorhofswelle (P), die Anfangsschwankung (R) und die Nachschwankung (T), dazu der Verlauf der S-T= Strecke. (Die negativen Anfangsschwankungen werden im Folgenden zur Vereinfachung der Tabellen auch mit R bezeichnet und nicht wie üblich und richtigerweise mit S).

Versuchsanordnung: Die Versuche wurden an flach liegenden Personen mit den üblichen Extremitätenableitungen nach Einthoven ausgeführt. Dabei wurde die linke Schulter jeweils passiv gehoben oder gesenkt. Der linke Arm behielt seine zum Körper annähernd parallele Lage bei. In der jeweiligen Stellung

wurden der linke Arm und die linke Schulter möglichst bequem gelagert, um die kaum zu vermeidende leichte Verkrampfung der Muskulatur und somit das Verzittern der Herzstromkurve auf ein Mindestmaß herabzusetzen.

Zunächst folgt eine Übersichtstabelle über die einzelnen Versuche. Es wird jeweils das Verhältnis der Höhe der einzelnen Ausschläge im Ekg bei tiefstehender zu dem der hochstehenden Schulter angegeben. Dazu zuvor einige Zeichenerklärungen:

♂ : linke Schulter hochgelagert,
♀ : linke Schulter tiefgelagert,
< : bei ♀ niedriger als bei ♂,
> : bei ♀ höher als bei ♂,
= : gleich hoch,
( ) : nur geringgradige Veränderung,
+/– : Schwankung, die bei ♂ positiv war und bei ♀ negativ wurde,
D : Senkung des S-T=Stückes.

Lfd. Nr.	Name	Geschlecht	Alter (Jahre)	P		R		T		S—T	
				I	III	I	III	I	III	I	II
1	Kucharski	♂	5	>	<+/–	>	=	>	<+/–		
2	Görlich	♂	5	>	(<)	>	<	>	<+/0		D
3	Behrend	♀	7	>	<	>	=	>	<+/–		
4	Endert	♂	9	>	=	>	<	>	<+/–		D
5	Harmisch	♂	11	>	=	>	<	>	<		D
6	Jurke	♂	12	(>)	<	>	<+/–	>	<		D
7	Wolf	♀	16	>	<	>	<	>	<+/0		
8	Görg	♂	16	>	<	>	<	>	<		
9	Hölger	♂	16	>	<	>	<	>	<		
10	Zinke	♀	17	>	<	>	<+/–	>	<		
11	Minke	♂	19	>	(<)	>	<	>	<		
12	Hartmann	♂	24	>	<	>	<+/–	(>)	=		
13	Seifert	♂	33	>	<	>	=	>	=		
14	Redenius	♂	33	>	<	>	=	>	<		
15	Hübner	♀	33	>	(<)	>	<	>	<		

Tab. I

Ableitung	P	R	T	S—T
I	> (14 ×) (>) (1 ×)	> (15 ×)	> (14 ×) (>) (1 ×)	
III	< (10 ×, davon: <+/−1 ×) (<) (3 ×) = (2 ×)	< (10 ×, davon: <+/−3 ×) (<) (1 ×) = (4 ×)	> (13 ×, davon: <+/−4 × u. <+/0 2 ×) = (2 ×)	D (4 ×)

Tab. II

Einige Beispiele aus der obigen Versuchsreihe:

Nr. 2 (s. Tabelle).

Ableitung I.

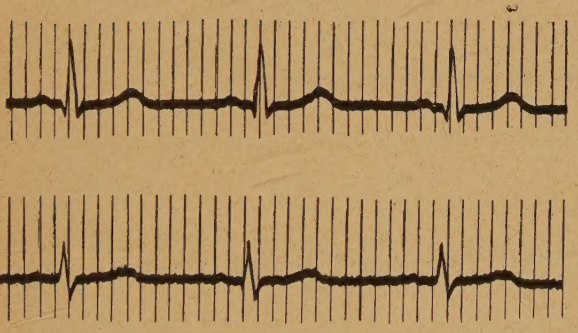


Abb. 1

Zu Abb. 1:

Man erkennt deutlich, daß die Ausschläge bei ♀ höher sind als bei ♂.

Ableitung III.

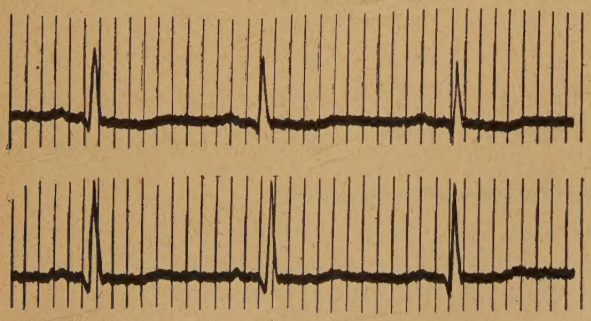
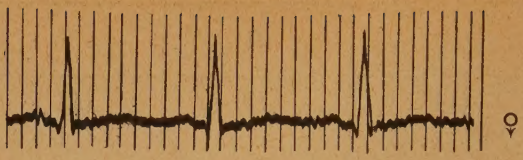


Abb. 2

Zu Abb. 2:

Bei ♀ ist im Verhältnis zu ♂ P kaum kleiner, R deutlich niedriger, die S-T= Strecke gesenkt und T gleich null geworden (also in der isoelektrisch. Linie verschwunden).



Nr. 6
Ableitung I.

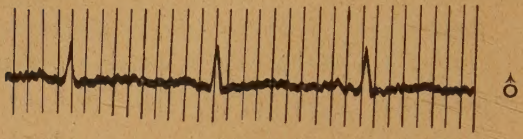
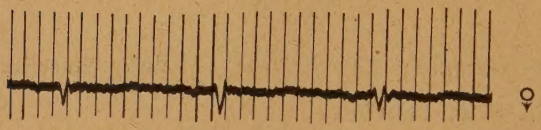


Abb. 3

Ableitung III.



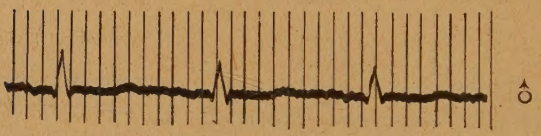
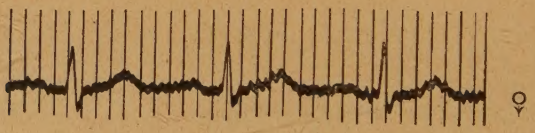


Abb. 4

Nr. 11
Ableitung I.



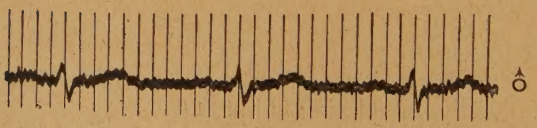
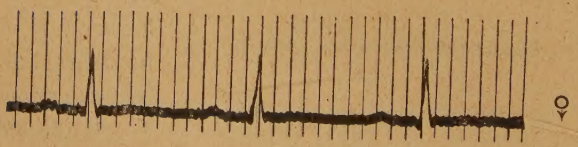


Abb. 5

Ableitung III.



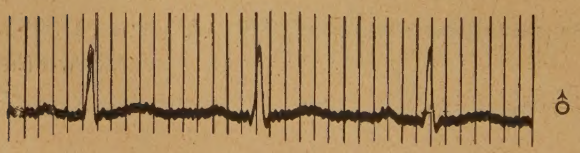


Abb. 6

Nr. 15
Ableitung I.

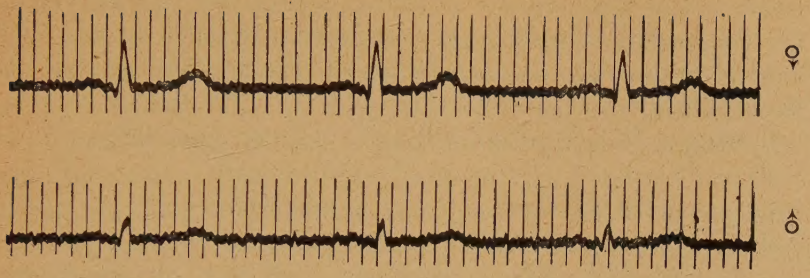


Abb. 7

Nr. 5
Ableitung III.

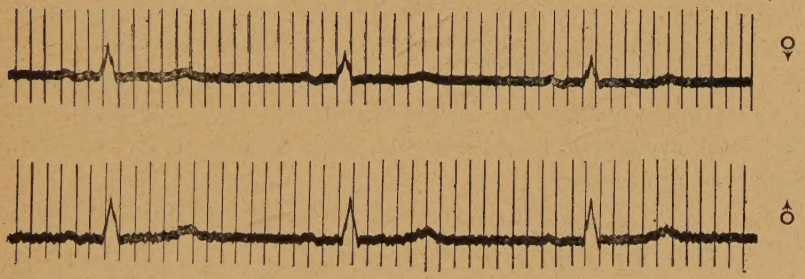


Abb. 8

Bei der Betrachtung der gewonnenen Ekge ergibt sich nun folgendes: In der I. Ableitung sind bei ♀ alle Hauptschwankungen im Ekg durchwegs höher als bei ♂. Oder auch anders ausgedrückt: Je höher die linke Schulter gehoben wird, umso niedriger werden die einzelnen Schwankungen, wobei allerdings niemals die isoelektrische Linie erreicht wird. — In der III. Ableitung wird bei ♀ keine Schwankung höher, sondern meist niedriger. Bei R (III) sind die Veränderungen teilweise sehr verschieden stark und zwar unabhängig vom Alter. R (III) wird bei ♂ in drei Fällen negativ. T (III) ist dagegen vom Alter ziemlich abhängig und zeigt die auffälligsten Veränderungen: mit steigendem Alter werden die Ausschlagsdifferenzen geringer. Vor allem verschwindet allmählich die Möglichkeit, durch Tieferlagerung der linken Schulter T (III) negativ werden zu lassen. — Ein gering-

gradige Senkung des S-T=Stückes kommt in abnehmender Größe nur bis zum Alter von etwa 16 Jahren zur Ausbildung. — Hinsichtlich der Richtung der Größenänderung der Ekg-Ausschläge bei den beschriebenen Schulterstellungen herrschen in der I. Ableitung genau die entgegengesetzten Verhältnisse als bei der III. Ableitung:

I. Abltg.: Tiefe Schulterstellung - größere Ausschläge.
III. „ : „ „ - niedrigere „
I. „ : Hohe „ - niedrigere „
III. „ : „ „ - größere „

Zur Erklärung dieser Ergebnisse soll von einigen kurzen allgemeinen Bemerkungen über das Ekg ausgegangen werden: Das Ekg als Bild des Aktionsstromes im Herzmuskel ist biphasisch und zeigt in der jeweiligen Ableitung den Spannungsunterschied zwischen den beiden entsprechenden Ableitungsstellen. Der Strom fließt vom höheren zum niedrigeren Potential, er braucht also ein sogenanntes Gefälle. Bei Ableitung von Stellen gleich großen Potentials fehlt dieses Gefälle, es fließt also kein Strom, und somit erscheint im Ekg kein Ausschlag, sondern es resultiert die isoelektrische Linie. — Das Ekg ist keine Konstante, sondern abhängig:

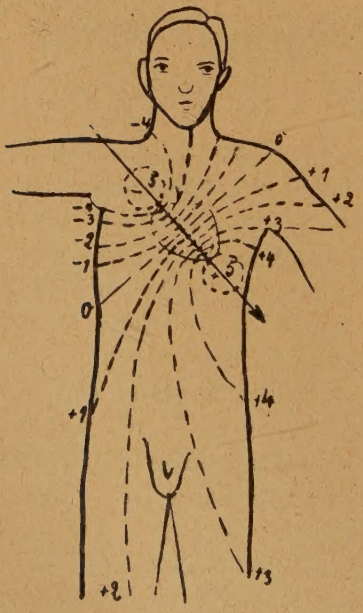


Abb. 9

1. von den Ableitungsstellen am Körper,
2. von der Lage des ganzen Herzens im Brustraum,
3. von der Herzschatten-Längs- bezw. -Querachse,
4. von dem örtlichen u. zeitlichen Verlauf und der Stärke der Erregungsvorgänge im Herzen.

Das nebenstehende Bild zeigt dazu ein Schema der Spannungsverteilung des Herzens bei Erregungsablauf in der Richtung des Pfeils (nach Nicolai) und zwar für eine bestimmte elektrische Längsachse und einen bestimmten Augenblick der Herztätigkeit, also für eine entsprechende Schwankung im Ekg. — Die elektrische

Längsachse ist die Richtung der Ableitung mit den jeweils maximalsten Ausschlägen. Die dazu senkrechte elektrische Querachse ist die Ableitungsrichtung, an deren beiden Enden das Potential Null herrscht und wo somit kein Ausschlag möglich ist. Da innerhalb einer Herzaktion die Richtung der Erregung sich mehrfach ändert, gibt es auch ebensoviele elektrische Achsen. Die Abb. (9) zeigt die Verteilung der Potentiale beim Beginn einer Erregung. Wäre die Erregung bereits bis zur Herzspitze gelangt, so hätten alle Muskelteilchen das gleiche elektrische Potential. Im Ekg würde in diesem Augenblick kein Ausschlag erscheinen. Sinngemäß bekommt man aber auch keinen Ausschlag, wenn man die Ableitungen an zwei Punkten mit gleichen Potentialen anlegt; gemäß Abb. 9 also: Ableitung von der linken Achselhöhle (+3) und vom linken Bein (+3).

Wir wollen nun zur Betrachtung der angebenen Versuchsbedingungen und ihrer theoretisch möglichen Ergebnisse übergehen unter Zuhilfenahme des oben angeführten Schemas von Nicolai. Dazu wählen wir weiter als Beispiel irgendeine Zacke (Z) im Ekg mit ihrer entsprechenden elektrischen Längsachse (LA) und der dazugehörigen Querachse (QA). Die Erregung verläuft dabei in der Richtung des Pfeils, also im Uhrzeigersinn, der Aktionsstrom des Herzmuskels aber entgegengesetzt vom Positiven zum Negativen.

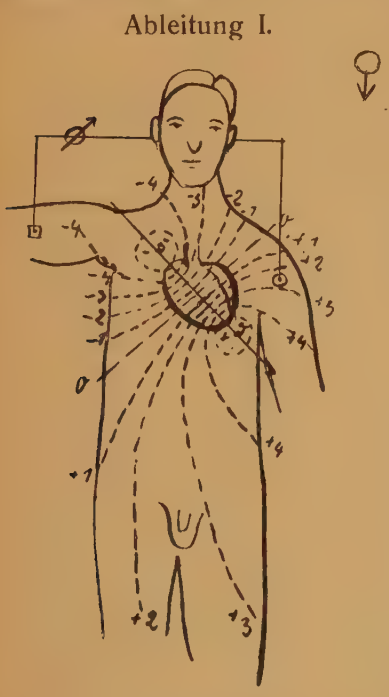


Abb. 10

Zu Abb. 10:

QA verläuft über dem linken Armansatz (A. li.). Das Potential (Pot.) des rechten Armes liegt fest und ist —4. Je tiefer sich der linke Arm lagern läßt, in umso stärkere elektrische Pot.-Sphären mit positivem Vorzeichen taucht A. li. ein. Damit vergrößert sich die Differenz der Pot., das Gefälle also, und erscheint im Ekg als stärkerer Ausschlag (Z).

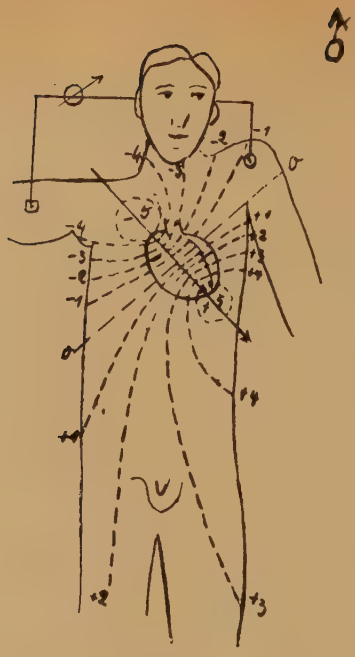


Abb. 11

Abteilung III.

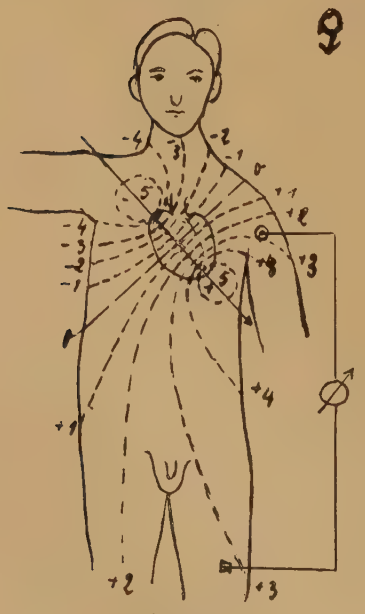


Abb. 12

Zu Abb. 11:

QA verläuft unterhalb A. li. Je höher die linke Schulter steigt, umso kleiner wird ihr Pot. Und zwar hat es diesmal dasselbe Vorzeichen wie das der rechten Schulter, so daß die Pot.-Differenz immer geringer werden muß und damit die Schwankung (Z) auch niedriger erscheint. Die isoelektrische Linie ist allerdings nicht zu erreichen, da die linke Schulter im günstigsten Falle das Pot. -2 erreichen kann. Die Richtung des Pot.-Gefälles vom linken Arm zum rechten Arm bleibt ständig erhalten, da der rechte Arm stets das niedrigere Pot. haben wird.

Zu Abb. 12:

QA über A. li. Das unveränderliche Pot. ist in diesem Falle das des linken Beines 3. Beim Abwärtsrücken des linken Armansatzes kommen stufenweise folgende Pot. zusammen:

3 mit 1 = Differenz von 2
3 „ 2 = „ „ 1
3 „ 3 = „ „ 0
3 „ 4 = „ „ 1

Das Gefälle ist zunächst immer geringer geworden und schließlich auf der Null-Linie angelangt, um dann wieder anzusteigen. Die Richtung des Gefälles hingegen, die anfangs gegen den Uhrzeigersinn verlief, ist nach Erreichen der Null-Linie in das Gegenteil umgeschlagen u. muß somit im Ekg als negative Schwankung erscheinen.

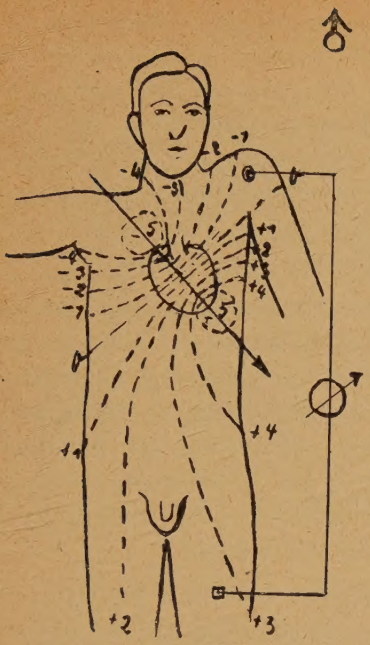


Abb. 13

Zu Abb. 13:

QA unterhalb A. li. Je höher die linke Schulter steht, umso kleiner wird ihr Pot. mit einem dem des linken Beines entgegengesetzten Vorzeichen. Und gemäß dem größeren Pot. - Gefälle müssen auch im Ekg höhere Ausschläge auftreten.

Beim Vergleich dieser auf theoretischer Grundlage gewonnenen Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen zeigt sich, daß die Veränderungen der T-Zacke ohne weiteres denen der im Beispiel gewählten Zacke Z entsprechen. Ebenso zeigen die übrigen besprochenen Schwankungen im Egk im allgemeinen solche Veränderungen. Weiter ersehen wir aus der Versuchsreihe, daß die Form des Ekgs u. a. nicht allein abhängig ist von der Lokolisation der Abteilungsstellen am Körper, sondern auch von deren Lagerung. Wir haben gesehen, daß allein die einfache Verlagerung der linken Schulter größere und zum Teil entscheidende Veränderungen bedingen kann. Die Lage des ganzen Herzens im Thoraxraum erweist seinen Einfluß auf die Gestaltung des Ekgs. Je jünger die Versuchsperson ist, umso höher liegt im allgemeinen das Herz im Brustraum, was schon durch den höheren Zwerchfellstand bedingt ist und gleichzeitig eine flachere Lage des Herzens hervorruft. Mit zunehmendem Alter richtet sich das Herz in seiner Herzschatten-Längsachse mehr und mehr auf. Gleichzeitig aber wird die jeweils einer Ekg-Schwankung entsprechende elektrische Querachse, die immer auch in einem konstanten Winkel zur Herz-

schatten-Querachse stehen wird, ebenfalls tiefer treten; d. h.: mit steigendem Alter verlagert sich die elektrische Querachse von ihrer meist über dem linken Humeruskopf verlaufenden Richtung zu einer immer mehr unterhalb diesem verlaufenden Lage. Die Möglichkeit, eine bestimmte Schwankung in der III. Abteilung durch extrem tiefe Verlagerung der linken Schulter negativ werden zu lassen, wird damit ebenfalls stets geringer. Dies läßt sich auch tatsächlich deutlich an der Versuchsreihe beobachten.

Mit der weiteren Entfernung vom Herzen rücken die Sphären gleichen Potentials immer weiter auseinander (s. Abb. 9). Die Differenz in der Höhe der Ausschläge kann also mit steigendem Alter nicht mehr so groß sein wie in den jüngeren Altersstufen, wo bei dem gleichen Grad der Schulterverlagerung sehr viel mehr Potentialsphären durchlaufen werden, die Höhenunterschiede in den Schwankungen der Ekge entsprechend stärker sein müssen. Das hat sich auch in der Versuchsreihe ergeben.

Der Einfluß des Alters wurde eben bereits angeführt. Es spielt weiterhin eine Rolle insofern, als im allgemeinen mit zunehmendem Alter rein funktionell die Beweglichkeit der linken Schulter allmählich nachläßt und damit die Möglichkeit der extremsten Schulterverlagerungen sich vermindert, die nötig wären, um im Ekg auffallende Veränderungen hervorzurufen. Während der Versuche war dabei noch folgendes zu beobachten: Das Nachlassen der Beweglichkeit der linken Schulter entspricht absolut nicht immer der betreffenden Altersstufe. Die Versuchspersonen von schlankwüchsigem Körperbau aller Altersstufen zeigten fast die gleichen Grade der extremsten Schulterverlagegerung wie die kindlichen Versuchspersonen. Hingegen die muskulären und vor allem die gedrungenen und fettleibigen Versuchspersonen wiesen eine teilweise sehr viel geringere Beweglichkeit der linken Schulter auf, was sich auch augenfällig in dem geringeren Grad der Veränderungen der Ekge zeigte.

Wir sehen weiter, daß nicht nur die Ableitung von der elektrischen Querachse im Ekg anstelle der sonstigen Schwankung eine isoelektrische Linie bedingt, sondern daß dies ebenfalls an Stellen gleichen Potentials möglich ist, wie es in der vorliegenden Versuchsreihe allein durch extreme Schulterverlagerung erreicht wurde (s. Abb. 2).

Zusammenfassung.

In einer Versuchsreihe wird gezeigt, daß allein die Verlagerung der linken Schulter zu bedeutenden Veränderungen im Ekg führen kann. Es ist möglich, durch entsprechende Lagerung der linken Schulter die Form des Ekgs so zu verändern, daß es dasselbe Aussehen bekommt wie das eines nicht unter normalen Bedingungen arbeitenden Herzmuskels. — Die praktische Bedeutung dieser Versuche ist die, daß man bei der Aufnahme von Ekgen genauestens darauf achten muß, daß die linke Schulter die normale Mittelstellung einnimmt, besonders bei Personen mit gut beweglicher Schulter, also bei Kindern und schlankwüchsigen Personen.

Literatur.

1. Remé, Über die T-Schwankung im Ekg des Kindes
   Zeitschrift f. d. ges. experim. Med. 1937 Bd. 101.
2. Trendelenburg, a) Untersuchungen über den Aktionsstrom des menschlichen Herzens.
   Zeitschr. f. d. ges. exper. Med. 1933 Bd. 92, 1934 Bd. 94, 1935 Bd. 95, 1937 Bd. 101.
   b) Einige klinisch wichtige Fragen der Elektrokardiographie.
   Deutsche Med. Wschr. 1938, Nr. 42 u. 43.
3. Dressler, Klinische Kardiographie. 1937.
4. Scherf, Lehrbuch der Elektrokardiographie. 1937.
5. S. De Boer, Die physiologische Grundlage und Klinik des unregelmäßigen Herzschlages.
   Ergebnisse der Inn. Med. 1926, Bd. 29.
6. A. De Chatel, Versuch der Analyse der Veränderungen des Zwischenstücks und der Nachschwankung des Ekgs auf Grund von lokalen und monophasischen Ableitungen.
   Zeitschr. f. d. ges. exper. Med. 1935 Bd. 97.
7. Schellong, Praktische Bedeutung der Elektrokardiographie.
   Jahreskurs f. ärztl. Fortbildg. 1938 Bd. 29.
8. Grävinghoff, Handbuch der Anatomie des Kindes. 1934, Bd. 1.

Lebenslauf.

Ich, Oberarzt Karl Hermann Werner Böhmert, wurde am 12. Oktober 1913 in Altona geboren als Sohn des techn. Reichsbahn-Inspektors Hermann Böhmert und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Welger. — Das Abitur am 25. 2. 1932 an der Oberrealschule in Altona mit „gut" bestanden. Vom S/S 1932 bis S/S 1935 medizinisches Studium an der Hamburgischen Universität. Am 8. 8. 1934 das Physikum an der Universität Hamburg mit „genügend" bestanden. W/S 1935/36 bis S/S 1938 medizinisches Studium an der Universität Berlin. Am 30. 7. 1938 wurde das medizinische Staatsexamen an der Universität Berlin mit der Note „gut" abgelegt. — Ableistung des praktischen Jahres: 30. 7. 1938 bis 28. 2. 1939 im Krankenhaus Bethanien Berlin. 1. 3. 1939 bis 31. 7. 1939 am Standort-Lazarett Wien. — Seit 1. 10. 1934 bin ich Angehöriger der Wehrmacht. — Zur Zeit befinde ich mich im Felde als Truppenarzt.